ILIE C. PURCARU
DOCTOR ÎN ŞTIINŢELE FIZICE

NUCLEUL ATOMIC

„CARTEA ROMÂNEASCĂ", BUCUREŞTI
1937

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

ILIE C. PURCARU
DOCTOR ÎN ŞTIINŢELE FIZICE

NUCLEUL ATOMIC

„CARTEA ROMÂNEASCĂ", BUCUREŞTI
1937

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

CUVÂNT ÎNAINTE

In cadrul programului Universității Ateneului Român, am căutat să expun unele din cercetările și rezultatele la care s'a ajuns în domeniul fizicei.

Am expus, într'o prelegere la 8 Martie 1935, chestiunea *„Isotopilor"*, elemente cu greutăți atomice diferite și în general cu aceleași proprietăți fizico-chimice; iar în altă prelegere, la 15 Martie 1935, *„Apa grea"*, compusă din oxigen și hidrogen greu (un isotop al hidrogenului).

Ambele prelegeri au fost tipărite într'o broșură apărută în 1935 în editura „Cartea Românească". Prelegerile au fost completate cu diferite note explicative.

Broșura de față cuprinde prelegerea făcută la Universitatea Ateneului Român, în ziua de 11 Martie 1937, despre *„Nucleul atomic"*, completată deasemeni cu note explicative. Bineînțeles, micile completări s'au făcut în cadrul celor ce s'au putut expune, în timpul scurt de o oră, referitor la această vastă și complicată problemă.

Ilie C. Purcaru

București, Martie 1937

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

NUCLEUL ATOMIC.

EVOLUȚIA CONCEPȚIEI ATOMICE.

Din timpurile cele mai vechi — cu 500 de ani înainte de Christos — filosofii indieni și apoi și cei greci au admis că materia este formată din particule foarte mici, cari nu mai pot fi divizate și de aceea le-au dat numele de atomi.

Ultimele particule până la care se putea ajunge cu împărțirea materiei, atomii, nu erau însă decât niște plăsmuiri la care au ajuns speculațiunile filosofilor. Tocmai pentru motivul că această concepție nu era rezultatul unor date experimentale precise, ci rezultatul acestor speculațiuni filosofice, a trăit mai bine de 2.000 de ani o viață latentă, lipsită de acea vigoare care tinde să domine și să cucerească cât mai mult gândirea științifică. Chiar acum mai bine de o sută de ani când *Dalton* a introdus concepția atomistică în chimie, încă nu se putea vorbi că atomii sunt o realitate fizică. Faptul însă că legile după care se combinau corpurile se puteau explica bine prin adoptarea acestei concepții a făcut ca majoritatea chimiștilor s'o adopte, fără să facă vre-o obiecțiune. Abia acum câteva decenii, când Prof. *Jean Perrin* și alții au stabilit, după numeroase cercetări, că atomul în adevăr există, toată lumea a admis structura atomică a materiei, datorită acestui fapt fiind unanim recunoscut că toate corpurile din natură sunt formate din atomi de același fel sau de feluri diferite.

Din studiul felurilor de atomi cunoscuți, chimistul rus *Mendeleyew* a stabilit un tablou, cunoscut sub numele de „sistemul periodic al elementelor", în care se găsesc aranjate după anumite norme nu numai elementele cunoscute, dar și cele cari urmau să se descopere. Din cercetările făcute de fizicieni și chimiști, s'au identificat aproape toate elementele în număr

https://biblioteca-digitala.ro

de 92 înscrise în acest tablou. Ceva mai mult, s'a stabilit şi fizicienii au şi anunţat că dincolo de uraniu, adică de cel de al 92-lea element, se mai pot găsi şi altele; bunăoară *Fermi*, fizician italian, într'o comunicare a făcut cunoscut că a identificat încă două elemente noi, 93 şi 94.

Multă vreme s'a crezut că în adevăr concepţia filosofilor greci corespunde realităţii cum că atomul este ultima particulă a materiei.

Descoperirea însă a electronului, particulă de electricitate negativă, a înlăturat cu totul această veche concepţie care a trăit aproape 25 de secole. In momentul când s'a stabilit că un electron se poate scoate dintr'un atom, s'a văzut că mai sunt şi alte particule şi mai mici decât atomul. Cercetările fizicienilor au dus la concluzia că orice atom este format din două părţi. O parte care formează nucleul (sâmburele) atomului încărcat totdeauna cu electricitate pozitivă şi alta formată din una sau mai multe particule de electricitate negativă — electroni — aşezate după anumite reguli împrejurul sâmburelui; electricitatea pozitivă a nucleului fiind totdeauna, într'un atom neutru, neutralizată de electricitatea negativă a electronilor care-l înconjoară.

Intreaga preocupare a fizicienilor a fost de a cunoaşte cât mai bine proprietăţile acelei particule de electricitate negativă. După multe şi foarte complicate cercetări, s'a ajuns să se cunoască astfel mult mai bine electronii decât se cunoşteau acum o sută de ani atomii.

S'a stabilit massa electronilor care este de 1840 ori mai mică decât a atomului de hidrogen, cel mai uşor dintre atomi. Prin urmare, scoaterea unui electron dintr'un atom nu influenţează aproape deloc massa totală a atomului, însă îi schimbă starea lui electrică, făcând ca în cazul când atomul este în stare neutră, prin dispariţia unui electron să se transforme într'un ion pozitiv, pe când prin adăogirea unui electron, atomul neutru să devină un ion negativ.

Electronului i s'a determinat iuţeala în diferite condiţiuni de experienţă şi s'a putut urmări drumul pe care merge. S'a emis ipoteze referitor la locurile în care se găsesc electronii şi modul cum se mişcă împrejurul nucleului.

Aceste cercetări au dus la rezultate interesante când s'a

https://biblioteca-digitala.ro

folosit şi teoria cuantei, creeată de Profesorul *Planck* pe baza discontinuităţii energiei.

Până la *Planck* se ştia că materia este discontinuă fiind formată din atomi şi că în urma descoperirii electronilor şi electricitatea apărea ca discontinuă. Prin noua teorie cuantică se stabilea că şi energia este discontinuă şi anume că e formată din nişte cantităţi foarte mici, numite cuante*).

După teoria lui *Bohr* şi *Sommerfeld,* energia atomului se schimbă când electronul se depărtează sau se apropie de nucleu, absorbindu-se sau emiţându-se o cuantă de energie. Din această variaţiune a distanţei electronului de nucleul atomului în care se găseşte, iau naştere fenomene ondulatorii dela cele cu lungime mai mare de undă până la lungimi foarte mici de undă.

Această gamă de ondulaţiuni este la baza producerii a celor mai multe fenomene din natură cunoscute de noi sub aspectul de raze infraroşii, razele vizibile (dela roşu la violet), razele ultraviolete, până la razele cu lungimea de undă mai mică, adică în domeniul razelor X.

In ultimii ani însă, atenţia cercetătorilor s'a îndreptat către nucleu. Primul pas făcut în această direcţie a fost în momentul când s'a descoperit radioactivitatea.

Becquerel şi apoi soţii *Curie* se pot considera că sunt primii fizicieni cari au făcut deschiderea prin care s'a putut pătrunde în una din cele mai mari taine ale naturii, „Nucleul Atomului".

In cele ce urmează, vom căuta să arătăm ce s'a făcut până acum pentru ca acest infinit mic să fie cât mai bine posibil cunoscut.

Modelul nuclear al atomului, după Rutherford.

Doi fizicieni, *Geiger* şi *Marsden* (1) în 1909, studiind trecerea razelor alfa (nucleii atomului de heliu) prin foi metalice subţiri, au constatat că cele mai multe dintre aceste particule suferă o deviaţie mai mare sau mai mică, însă nu

*) Cuanta (ε) e o cantitate foarte mică de energie exprimată prin relaţia $\varepsilon = h\nu$, în care h este constanta lui *Planck* ($h = 6.55.10^{-27}$ erg. sec.) iar ν este frecvenţa cuantei.

https://biblioteca-digitala.ro

se depărtează prea mult între ele. Au observat însă că un număr mic dintre particulele care trec printr'o foiță metalică se depărtează cu mult mai mult decât celelalte particule. Sunt unele care formează cu normala la foița metalică unghiuri mai mari de 90^0. S'a observat particule cari au format un unghiu chiar de 150^0.

Aceste cercetări, cu toate că numărul particulelor deviate în mod cu totul anormal era foarte mic, au făcut pe fizicieni să-și pună problema de a căuta cauzele care produc acest fenomen.

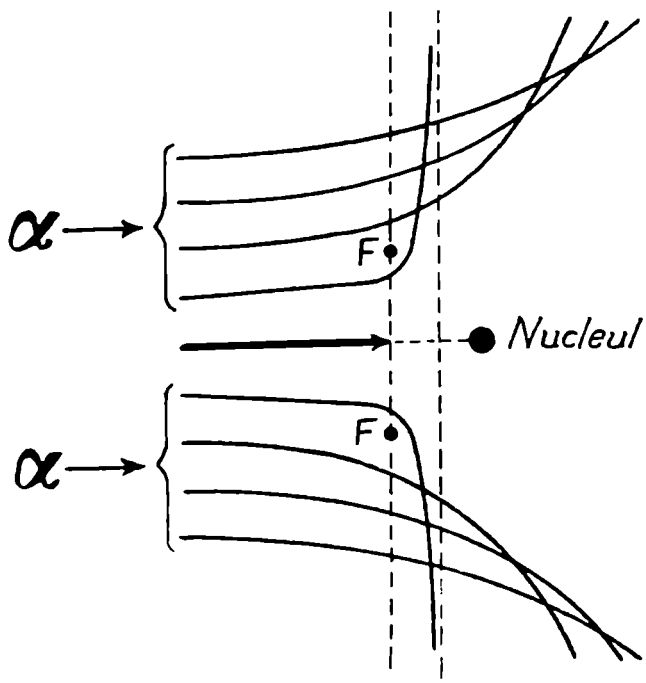

Fig 1. Iperbole reprezintând parcursul particulelor alfa.

Rutherford (2) la 1911 a emis ipoteza că aceste deviațiuni se datoresc nucleului atomic, care fiind încărcat cu electricitate pozitivă, exercită asupra particulelor alfa, încărcate și ele pozitiv, o putere de respingere foarte mare când unele din ele ajung în imediată apropiere de el. Pentru particulele alfa, care trec la oarecare distanță de nucleu, această putere de respingere este cu mult mai mică.

Figura 1 ne arată acest fapt, parcursurile particulelor alfa fiind iperbole (3).

S'a mai stabilit, în legătură cu această respingere a particulelor alfa, că puterea de respingere este cu atât mai mare cu cât greutatea atomică este mai mare.

Rutherford a stabilit următoarea formulă prin care se obține numărul particulelor alfa care formează un anumit unghiu θ cu direcția razelor alfa incidente în funcție de numărul particulelor alfa incidente pe un cm. pătrat, de numărul atomic Z și de energia cinetică a particulelor alfa $\left(\frac{mv^2}{2}\right)$:

$$n(\theta) = n_0 N \left(\frac{Z e^2}{m v^2}\right)^2 \frac{1}{\mathrm{Sin}^4 \frac{\theta}{2}}$$

https://biblioteca-digitala.ro

în care N însemnează numărul centrelor nucleare de forţă pe o suprafaţă, egală cu unitatea, ce o întâlnesc particulele alfa în drumul lor; prin centre de forţă se înţelege punctul — în cazul nostru, nucleul — care prin sarcina lui electrică dă naştere în jurul său la câmpul de forţă electrică.

Experienţa s'a făcut astfel: un fascicol limitat de particule alfa, emis de un corp radioactiv, e trimes pe o foiţă metalică foarte subţire. Când intră în această foiţă, particulele alfa sunt difuzate în toate direcţiile de către nucleii atomilor.

Această difuzare se poate vedea foarte bine pe un ecran fluorescent, E, dacă se observă cu un microscop scânteierile care se produc în diferite puncte ale ecranului (figura 2).

Cercetând acest fapt, *Chadwick* (4) în 1920 a determinat, prin studiul deviaţiunilor particulelor alfa, numărul sarcinelor pozitive ale nucleilor diferiţilor atomi*), ca unitate fiind luată sarcina pozitivă a nucleului de hidrogen şi a găsit următoarele rezultate: pentru platină 77,4 pentru argint 46,3 iar pentru cupru 29,3.

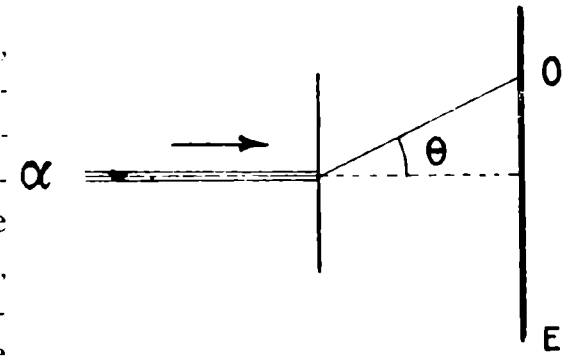

Fig. 2. Schema dispozitivului pentru observarea deviaţiilor particulelor alfa

Cercetând în tabloul elementelor stabilit de *Mendeleyew* (Tabloul I), a găsit că platina ocupă caseta 78, argintul 47 şi cuprul 29, adică numărul de ordine din acest tablou în care primul element este hidrogenul cu numărul de ordine 1, iar uraniul, cu numărul de ordine 92, încheie tabloul.

Aceste experienţe au dus la o consecinţă de cea mai mare importanţă, stabilindu-se că numărul de ordine, reprezentând numărul sarcinelor elementare pozitive ale nucleului diferiţilor atomi, reprezintă şi numărul electronilor cari se găsesc împrejurul nucleului, a căror sarcină electrică negativă, după cum am arătat mai înainte, neutralizează tocmai sarcina electrică pozitivă a nucleului.

Spre exemplu, hidrogenul care are numărul de ordine 1, are un singur electron împrejurul nucleului, heliul cu numărul de ordine 2 are doi electroni, argintul cu numărul de ordine 47 are 47 electroni şi tot astfel până la uraniu cu nu-

*) Produsul Ze care reprezintă sarcina electrică a nucleului diferiţilor atomi s'a determinat cu ajutorul formulei citată în nota dela pag. 8.

https://biblioteca-digitala.ro

Tabloul I

Sistemul periodic al elementelor

Perioada	Grupa I	Grupa II	Grupa III	Grupa IV	Grupa V	Grupa VI	Grupa VII	Grupa VIII	Grupa 0
I	**1** H 1,008								**2** He 4,00
II	**3** Li 6,94	**4** Be 9,02	**5** B 10,82	**6** C 12,000	**7** N 14,008	**8** O 16,000	**9** F 19,00		**10** Ne 20,18
III	**11** Na 23,00	**12** Mg 24,32	**13** Al 26,97	**14** Si 28,06	**15** P 31,04	**16** S 32,06	**17** Cl 35,46		**18** Ar 39,94
IV	**19** K 39,10	**20** Ca 40,07	**21** Sc 45,10	**22** Ti 47,90	**23** V 51,0	**24** Cr 52,01	**25** Mn 54,93	**26** Fe 55,84 **27** Co 58,94 **28** Ni 58,69	
	29 Cu 63,57	**30** Zn 65,38	**31** Ga 69,72	**32** Ge 72,60	**33** As 74.93	**34** Se 79,2	**35** Br 79,92		**36** Kr 82,9
V	**37** Rd 85,45	**38** Sr 87,63	**39** Y 88,93	**40** Zr 91,22	**41** Nb 93,5	**42** Mo 96,0	**43** Ma (98)	**44** Ru 101,7 **45** Rh 102,9 **46** Pd 106,7	
	47 Ag 107,88	**48** Cd 112,4	**49** In 114,8	**50** Sn 118,7	**51** Sb 121,8	**52** Te 127,5	**53** I 126,93		**54** X 130,2
VI	**55** Cs 132,8	**56** Ba 137,4	**57—71** pământuri rare*	**72** Hf 178,6	**73** Ta 181,4	**74** W 184,0	**75** Re 186,3	**76** Os 190,9 **77** Ir 193,1 **78** Pt 195,2	
	79 Au 197,2	**80** Hg 200,6	**81** Tl 204,4	**82** Pb 207,2	**83** Bi 209,0	**84** Po (210)	**85** —		**86** Rn 222
VII	**87** —	**88** Ra 226,0	**89** Ac (227)	**90** Th 232,1	**91** Pa (231)	**92** U 238,1			

*Pământuri rare	**57** La 138,9	**58** Ce 140,1	**59** Pr 140,9	**60** Nd 144,3	**61** Iliniu	**62** Sm 150,4	**63** Eu 152,0	**64** Gd 157,3	**65** Tb 159,2	**66** Dy 162,5	**67** Ho 163,5	**68** Er 167,6	**69** Tu 169,4	**70** Yb 173,5	**71** Lu 175,0

https://biblioteca-digitala.ro

mărul de ordine 92 în tabloul elementelor, care are 92 electroni împrejurul nucleului.

Cu alte cuvinte, un element cu numărul de ordine N, are N electroni împrejurul nucleului. Acest număr N, care reprezintă atât numărul electronilor dimprejurul nucleului, cât şi numărul sarcinilor elementare pozitive ale nucleului, se numeşte *număr atomic,* care caracterizează proprietăţile elementului.

Aceasta este prima determinare directă a sarcinei electrice a nucleului atomic.

Primele concepţii cu privire la constituţia nucleului atomic.

Un atom în stare neutră considerat că ar fi format dintr'un număr de atomi de hidrogen după ipoteza lui *Prout* trebuie să aibe în constituţia lui un număr cu mult mai mare de electroni decât cei care se găsesc împrejurul nucleului. Spre exemplu, un atom de heliu cu greutatea atomică patru este de patru ori mai greu decât un atom de hidrogen, cu alte cuvinte trebuie ca în constituţia lui să se găsească patru nuclei de hidrogen, adică patru protoni şi patru electroni, pentru că un atom de hidrogen este format dintr'un proton şi dintr'un electron.

La fel, atomul de cupru, cu greutatea atomică 63, ar urma că este format din 63 protoni şi 63 electroni; atomul de argint, cu greutatea atomică 107, deci este format din 107 protoni şi 107 electroni, aceasta aplicându-se la toţi atomii din tabloul elementelor până la uraniu cu greutatea atomică 238, fiind deci format din 238 protoni şi 238 electroni.

Ori, s'a stabilit, precum am arătat mai înainte, că împrejurul sâmburelui sunt cu mult mai puţini electroni decât arată greutatea atomică a fiecărui element. La heliu sunt 2, la cupru 29, la argint 47, la uraniu 92, aşa după cum se vede în tabloul lui *Mendeleyew,* pentru fiecare element numărul de ordine indicând numărul electronilor care se găsesc împrejurul nucleului.

Diferenţa dela numărul electronilor care se găsesc împrejurul nucleului până la numărul total s'a admis la început că se găseşte în interiorul nucleului.

https://biblioteca-digitala.ro

Acești electroni s'au numit electroni nucleari sau de cimentație, spre deosebire de electronii cari se găsesc împrejurul nucleului și cari s'au numit electroni exteriori.

După cele arătate mai sus, numărul electronilor care s'ar găsi după această primă ipoteză în interiorul nucleului ar fi egal cu diferența dintre greutatea atomică și numărul atomic al elementului respectiv.

Această ipoteză, cu privire la existența electronilor nucleari, contrazicând multe din datele obținute pe cale teoretică, a fost înlăturată cu altă ipoteză, după cum se va vedea ulterior.

Emisiuni radioactive și structura nucleului atomic.

Am spus că descoperirea radioactivității, făcută de fizicianul francez *Becquerel* (5) în 1896, reprezintă o primă etapă în cercetarea nucleului.

Acest fizician a observat că sărurile uraniului emit unele radiațiuni care până atunci nu erau cunoscute. Aceste radiațiuni puteau să impresioneze placa fotografică și făceau ca atomii neutri din massa unui gaz să se electrizeze, adică aveau puterea să ionizeze gazul*).

Această ionizare era pusă în evidență prin conductibilitatea electrică a gazului, adică sub influența acestor raze, gazul prin care treceau aceste radiațiuni devenea bun conducător de electricitate. Aceste radiațiuni au fost bine determinate în momentul când soții *Curie* (6) au izolat radiul, un nou element necunoscut până atunci și apoi poloniul.

Din cercetarea radiului, cel mai puternic element radioactiv, s'a stabilit că sunt trei feluri de radiațiuni emise de radiu și de corpurile care au aceleași proprietăți, numite corpuri radioactive:

a) radiațiunile *alfa,* care au o putere de ionizare foarte mare și sunt încărcate cu electricitate pozitivă. Sunt slab pătrunzătoare. Sunt deviate de un câmp magnetic sau electric. Studiindu-se particulele care formează razele alfa, s'a stabilit

*) Un atom neutru căruia i s'a scos unul sau mai mulți electroni exteriori sau i s'a dat electroni în plus capătă proprietăți electrice. In acest caz, se spune că atomul s'a transformat în ion, iar fenomenul se numește ionizare.

https://biblioteca-digitala.ro

că sunt nuclei de heliu, deci massa unei particule alfa este de patru ori mai mare decât massa unui atom de hidrogen;

b) radiaţiunile *beta* — electroni — adică particule de electricitate negativă cu o putere de ionizare cu mult mai mică, foarte pătrunzătoare, putând să treacă în unele condiţiuni prin plăci metalice de aluminium de câţiva mm. grosime. Sunt deviate de un câmp magnetic sau electric în sens contrar decât razele alfa. Massa unei particule beta, am arătat mai înainte că este de 1840 ori mai mică decât massa unui atom de hidrogen;

c) radiaţiunile *gama* nu sunt deviate de un câmp electric sau magnetic, sunt cu mult mai pătrunzătoare decât razele beta. Nu au puterea de ionizare ca razele alfa şi nici ca razele beta.

Din studiul radioactivităţii s'a stabilit că radiaţiunile alfa, beta şi gama sunt emise numai din interiorul nucleului şi că prin aceste emisiuni de particule şi radiaţiuni se vor constata anume modificări în însăşi structura atomului.

Dacă, spre exemplu, dintr'un atom se va emite o particulă alfa, vom spune dinainte că greutatea lui atomică se va micşora cu patru, iar sarcina lui electrică pozitivă cu doi, pentrucă sarcina electrică a unei particule alfa este neutralizată de doi electroni.

Prin urmare, dacă se va putea stabili câte particule alfa a pierdut un nucleu, se va putea stabili cu cât a variat atât greutatea atomică, cât şi sarcina electrică pozitivă a nucleului.

Dacă atomul pierde din nucleu o particulă beta, sarcina electrică pozitivă a nucleului va creşte cu o unitate pentru că a dispărut o sarcină electrică negativă care neutralizează o sarcină electrică pozitivă din nucleu. In ceeace priveşte greutatea atomică, ea va varia cu o cantitate extrem de mică, căci am spus că electronul este de 1840 ori mai mic decât un atom de hidrogen, adică are o massă aproape imperceptibilă.

Aceste consecinţe, de o deosebită importanţă, stabilite de către *Soddy* şi *Fajans* (7), au dat posibilitatea să se urmărească seria transformărilor radioactive la corpurile la cari această proprietate s'a observat dela început.

https://biblioteca-digitala.ro

S'a putut urmări transformările radioactive cari au loc în cele trei familii: thoriu, uraniu şi actiniu, prin pierderea de particule alfa sau beta, ajungându-se la plumb ca element ultim al fiecărei serii. S'a identificat orice corp rezultat din aceste transformări, stabilindu-se atât greutatea atomică, cât şi numărul atomic care îi caracterizează proprietăţile fizico-chimice (8).

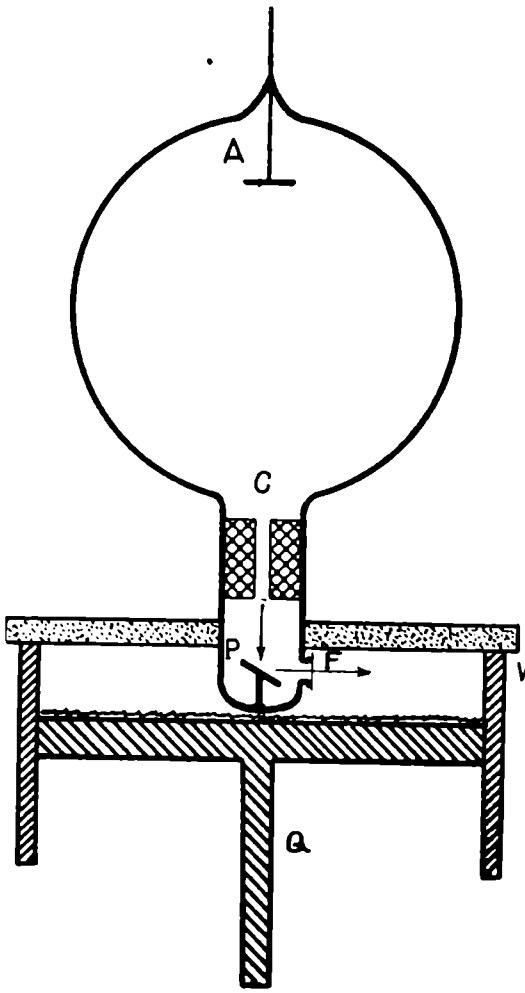

Fig. 3. Schema dispozitivului experimental pentru măsurarea parcursului particulelor desagregate în camera *Wilson*.

Descoperirile făcute în ultimul timp, au arătat că din nucleu se emit şi alte particule.

Doi fizicieni englezi, *Cockroft* şi *Walton* (9), au putut să transforme atomul de heliu cu greutatea atomică 7 în doi atomi de heliu, prin introducerea în nucleu a unui proton. Cu alte cuvinte, au făcut ca atomul de litiu să fie bombardat de un proton, transformându-l în două particule alfa (heliu biionizat). Aceste bombardări s'au putut observa şi urmări cu ajutorul camerei lui *Wilson*, cercetând şi urmărind parcursul particulelor desagregate.

Fig. 3 reprezintă schema dispozitivului experimental pentru măsurarea parcursului particulelor desagregate.

Prin bombardarea cu protoni cari străbat catodul C al tubului de descărcare, ajungând la placa P, unde e un strat de litiu, nucleul de litiu este desagregat. Se formează particule alfa, care se răspândesc în toate direcţiile. Unele trec prin fereastra de mică F în spaţiul W (camera *Wilson*), care conţine vapori de apă saturaţi. Cu ajutorul pistonului Q, se măreşte volumul camerei, aerul se răceşte şi vaporii devin

https://biblioteca-digitala.ro

supra-saturaţi. Particulele alfa ionizează aerul. Ionii sunt centre de condensare pe care se aşează picăturile de apă din vaporii supra-saturaţi. Se formează un drum de ceaţă care e luminat şi fotografiat şi care ne arată mersul particulei.

Figura 4 reprezintă dispozitivul experimental cu toate accesoriile. Camera lui *Wilson* este notată cu W.

Neutronul ca particulă constitutivă a nucleului atomic.

S'a mers mai departe şi s'a bombardat cu particule alfa, adică cu nuclei de heliu, atomii elementelor uşoare dela litiu până la potasiu. Prin această bombardare, s'a produs o radiaţie nouă, necunoscută până atunci.

Cercetând cu deosebită pricepere şi perseverenţă, soţii *Joliot-Curie* (10), au găsit că aceste noui radiaţiuni pătrunzătoare au proprietăţi cu totul diferite de ale radiaţiunilor şi particulelor cunoscute până atunci.

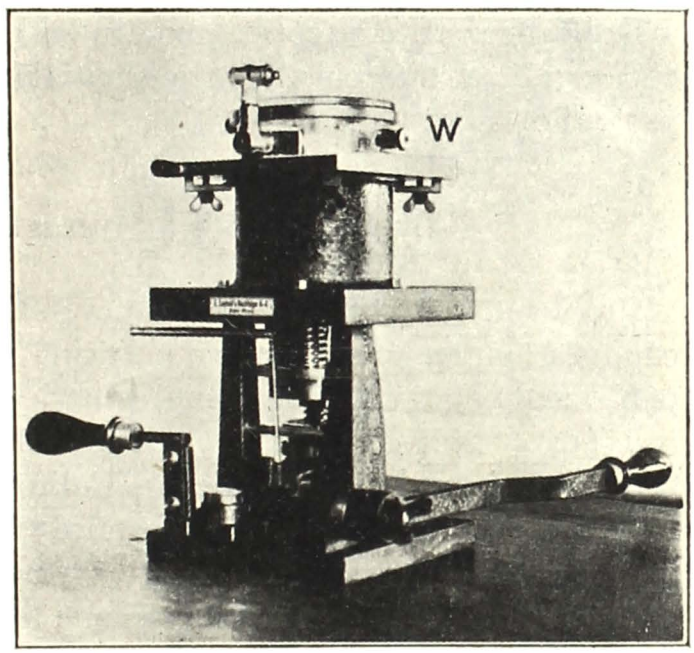

Fig. 4. Camera *Wilson*

Cercetările făcute la Cambridge de către fizicianul *Chadwick* (11), au lămurit misterul acestor raze.

El a stabilit că aceste radiaţiuni sunt formate din particule a căror massă este ceva mai mare decât aceea a atomilor de hidrogen însă fără nici o sarcină electrică.

Ceeace era şi mai caracteristic la aceste noui particule, era faptul că nu se pot ioniza, adică nu li se poate da o sarcină electrică.

Pentru acest motiv, noua particulă a fost numită *neutron*.

Fizicianului *Chadwick* i s'a acordat în anul 1935 premiul Nobel pentru această descoperire.

https://biblioteca-digitala.ro

Ceeace ne interesează acum este de a stabili ce situaţie are neutronul în constituţia atomilor. Este el o particulă realmente existentă în nucleu, sau se formează în timpul bombardamentului cu raze alfa dintr'un proton şi un electron, care se contopesc atât de mult unul cu altul, încât nu s'au mai putut separa? Iată o problemă care a preocupat mult pe cercetători, mai cu seamă în ultimul timp, de când s'au întreprins studii sistematice cu privire la constituţia şi proprietăţile nucleului atomic.

Această problemă s'a pus de către fizicieni, susţinându-se de unii ca *Heisenberg* (12) şi *Majorana* (13), că de fapt nucleul unui atom ar fi format numai din protoni şi neutroni, ipoteză care a înlocuit pe aceea amintită mai înainte cu privire la existenţa electronilor nucleari.

După această concepţie, numărul neutronilor dintr'un atom este egal cu diferenţa dintre greutatea atomică şi numărul protonilor.

Pozitronul.

Problema nucleului atomic a devenit însă şi mai complexă când s'a mai descoperit încă o particulă pe lângă cele cunoscute până acum, de către fizicianul american *Carl David Anderson* (14), care a lucrat în laboratorul profesorului *Millikan* la Universitatea din Pasadena (California).

Anderson, studiind razele cosmice*), acele radiaţiuni misterioase cari frământă de atâta vreme mintea fizicienilor şi cari au produs o adevărată pasiune în cercetarea lor, fiind astăzi cercetate în multe laboratoare de fizică din lume, a descoperit că în aparatul în care a studiat, tot în camera *Wilson,* apar unele radiaţiuni noui şi anume a constatat în anumite cazuri că, într'un moment dat, apar două traiectorii luminoase pe care le-a fotografiat într'un câmp magnetic.

Studiind mai de aproape aceste traiectorii, a constatat că

---

*) Raze cari au cea mai mare putere de pătrundere, numite şi raze ultrapenetrante. Au fost descoperite de *Millikan* şi *Hess.* După *Millikan,* ar fi fotoni iar după alţi cercetători ar fi formate din electroni. Aceste radiaţiuni vin din spaţiile interstelare.

https://biblioteca-digitala.ro

ele pornesc din acelaşi punct şi că au, cele mai multe, aproape aceeaşi curbură.

A mai găsit că una dintre aceste traiectorii este produsă de particula negativă — electronul — a cărei sarcină electrică şi massă erau bine studiate.

Anderson a tras concluzia atunci că cealaltă traiectorie este formată de o particulă cu massa egală cu a electronului negativ, însă cu sarcina electrică de gen contrar, adică este încărcată cu electricitate pozitivă.

Pentru acest motiv, acestei particule i s'a dat numele de *pozitron* (electronul pozitiv).

Acest mare fizician a fost premiat în anul 1936 cu premiul Nobel pentru această descoperire.

Cercetările lui *Anderson* au fost reluate de soţii *Joliot-Curie* (15), sub altă formă şi au fost confirmate pe deplin, stabilindu-se astfel definitiv existenţa acestei noui particule care ar intra în constituţia nucleului atomic.

Figura 5 din planşa I reprezintă cele două traiectorii, una a electronului negativ şi alta a pozitronului (electronul pozitiv).

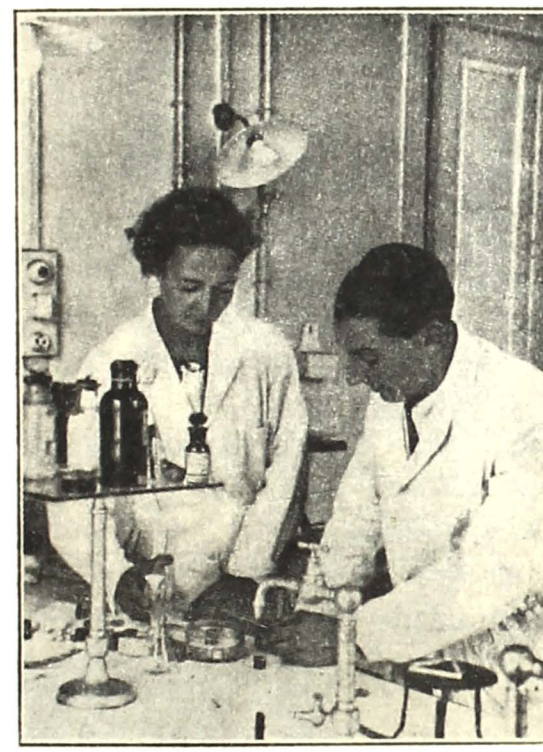

Fig. 6. Soţii *Joliot-Curie* lucrând în laborator.

Aceasta este o fotografie luată cu ajutorul camerei *Wilson* de către *Joliot-Curie*.

Figura 6 reprezintă pe soţii *Joliot-Curie* lucrând în laboratorul dela Sorbona.

Blackett şi *Occhialini* (16) în cercetările lor au stabilit că razele cosmice în trecerea lor prin materie produc grupuri întregi de electroni şi pozitroni, după cum se vede în figura 7 din planşa I, luată tot cu ajutorul camerei *Wilson*.

Aceste date experimentale cu privire la existenţa pozitro-

https://biblioteca-digitala.ro

nului au fost, de altfel, prevăzute şi pe cale teoretică de către fizicianul englez *Dirac,* care a susţinut că cele două particule provin dintr'un foton *) — gama din interiorul nucleului care se desface în cele două particule, una pozitron şi cealaltă electron.

Din cercetările de până acum s'a stabilit deci că există cinci feluri de particule ale căror proprietăţi au caracteristica materială şi anume:

Particulele alfa, care sunt nuclei de heliu, cu greutatea atomică 4, cu mare putere de ionizare, slab pătrunzătoare, încărcate cu electricitate pozitivă;

Protoni, nucleii atomilor de hidrogen, putere de pătrundere mai mare decât a particulelor alfa, încărcate cu electricitate pozitivă;

Neutroni, massa ceva mai mare decât a atomului de hidrogen, pătrunzătoare, n'au nici o sarcină electrică şi nici nu s'a putut, până acum, prin nici un mijloc, să li se dea o sarcină electrică pozitivă sau negativă;

Electroni, massa de 1840 ori mai mică decât a protonilor, particule de electricitate negativă;

Pozitroni, încărcate cu electricitate pozitivă, aceeaşi massă ca a electronilor.

Aceste cinci feluri de particule sunt elementele care s'a susţinut de către diferiţi fizicieni că intră în constituţia nucleului atomic.

Studiul proprietăţilor nucleului atomic cu ajutorul emisiunilor radioactive.

Am arătat, până acum, cercetările făcute şi rezultatele obţinute de fizicieni în legătură cu stabilirea proprietăţilor nucleului atomic în general. Vom arăta cercetările ce s'au făcut mai de aproape asupra unor fenomene care pot să deschidă mai larg câmpul de pătrundere în acest infinit mic spre a se vedea pe cât este posibil, în situaţia de astăzi, să se stabilească cu oarecare certitudine modul cum este constituit.

In aceste cercetări, mijloacele puse la dispoziţie de fizică au dus la rezultate încurajatoare.

*) Un foton este o cuantă de energie în mişcare.

https://biblioteca-digitala.ro

Fig. 5. Traiectoriile celor două particule (electron și pozitron).

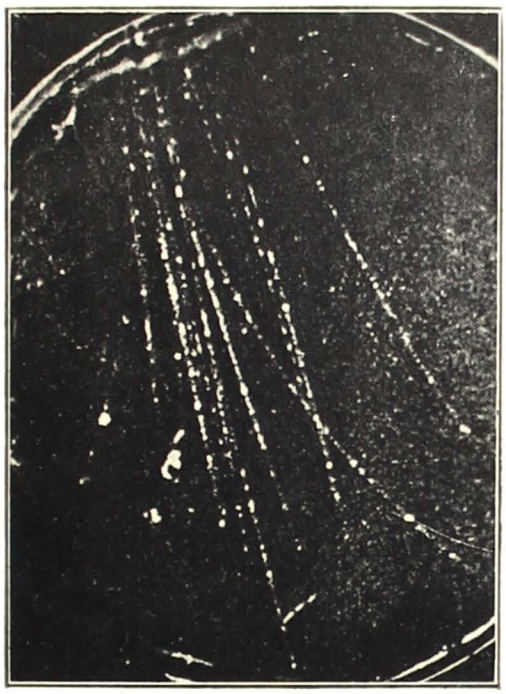

Fig. 7. Grupuri de electroni și pozitroni.

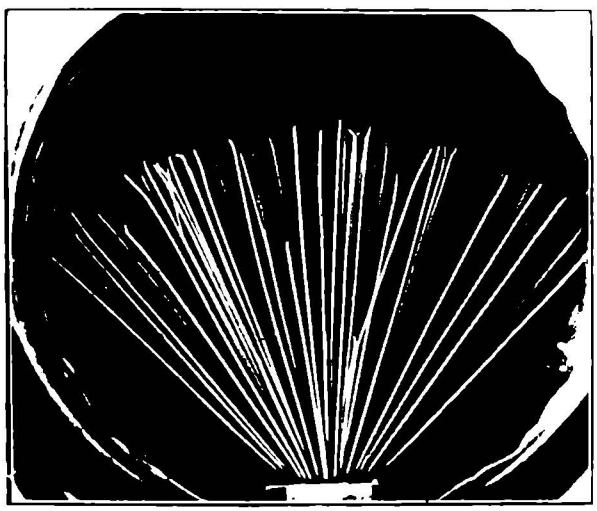

Fig. 8. Parcursul particulelor alfa emise de poloniu.

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

a) Energia particulelor alfa şi efectele produse de ele.

In primul rând, vom insista asupra unor fenomene cu privire la particulele alfa care se emit în transformările radioactive.

Faptul important care trebuie reţinut este că aceste particule au aproximativ aceeaşi iuţeală pentru un anumit corp radioactiv.

S'a stabilit acest fapt atât prin fotografiile luate cu ajutorul camerei *Wilson*, cât şi prin deviaţiile cari sunt produse de către un câmp electric şi unul magnetic.

Figura 8 din planşa I, luată cu ajutorul camerei *Wilson*, ne arată acest fapt, particulele alfa emise de poloniu parcurgând toate aproape aceeaşi distanţă (17).

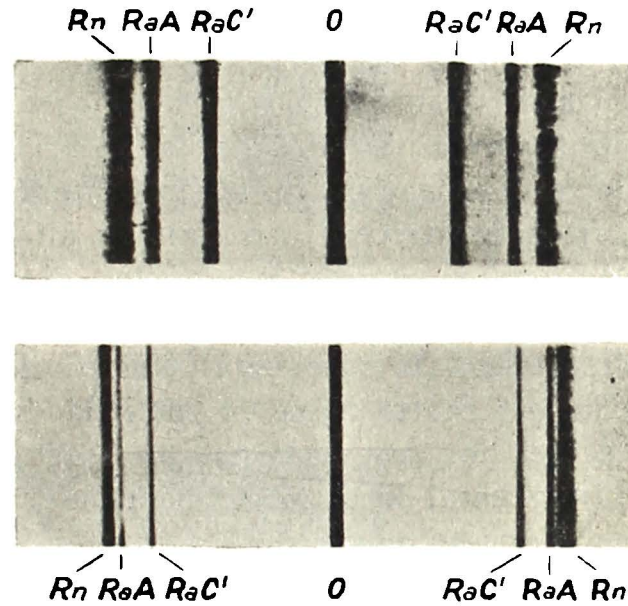

Fig. 9. Deviaţii electrostatice (sus) şi magnetice (jos) ale particulelor alfa emise de Rn, Ra A şi RaC'.

Figura 9 ne arată acelaşi fapt. Partea de sus este luată prin deviaţiile particulelor alfa produse de un câmp electric, iar partea de jos prin deviaţiile produse de un câmp magnetic. Particule alfa sunt emise de Ra C', Ra A şi Rn. Linia dela mijloc este corespunzătoare câmpului zero electric (sus) şi magnetic (jos) (18). Deviaţiile din dreapta şi stânga liniei zero sunt produse de câmpuri electrice, respectiv magnetice, inversate.

Experienţele au fost făcute la Cambridge în laboratorul lui *Rutherford* şi la Paris în laboratorul lui *Rosenblum*.

Particulele alfa fiind uşoare, trecând prin corpuri cu nuclei grei, sunt difuzate de aceşti nuclei, fapt pus în evidenţă prin observaţiile scânteierilor ce se produc pe un ecran fluorescent.

https://biblioteca-digitala.ro

In acest caz, nucleii grei din cauza massei lor mari se pot considera că rămân în stare de repaos. Când însă se lucrează cu atomi uşori şi în special cu cei de hidrogen, atunci particulele alfa exercită o deosebită influenţă asupra nucleilor, punându-i în mişcare. Uneori se ajunge prin impulsul pe care-l dau particulele alfa să se imprime protonilor, a căror massă este de patru ori mai mică decât a particulelor alfa, iuţeli foarte mari.

Figura 10 din planşa II luată cu ajutorul camerei *Wilson*, ne arată acest fapt (19).

b) **Radiaţiunile beta. Ipoteza neutrinului.**

Dacă s'a urmărit relativ uşor efectele produse de razele alfa, pentru razele beta, adică pentru razele formate din electroni negativi, chestiunea este cu mult mai complicată.

In cazul trecerii particulelor alfa prin materie, influenţa electronilor exteriori ai atomilor, din cauza massei lor extrem de mică, este neglijată. Nu tot aşa se întâmplă când trece un fascicol de raze beta. Numai electronii negativi cari au o iuţeală foarte mare îşi continuă drumul în linie dreaptă în trecerea lor prin materie.

In general însă, razele beta suferă influenţe atât din partea electronilor dimprejurul nucleului, cât şi din cauza nucleului.

Figura 11 din planşa II, luată cu ajutorul camerei *Wilson*, ne arată acest fapt. Linia dreaptă arată drumul electronilor rapizi, iar liniile curbe, drumurile electronilor lenţi (20).

Trebuie să se mai ţină în seamă faptul că razele beta emise de către corpurile radioactive nu mai au aceeaşi iuţeală. Iuţeala lor variază dela valori relativ destul de mici până aproape de iuţeala luminii. Cele mai mari iuţeli înregistrate au fost până la 270.000 km. pe secundă.

Figura 12 reprezintă spectre continue ale iuţelilor radiaţiunilor beta pentru diferite corpuri radioactive: ThB, RaB, RaE, RaC, ThC+C″ (21).

Pe axa abscizelor este dată energia electronilor care se

https://biblioteca-digitala.ro

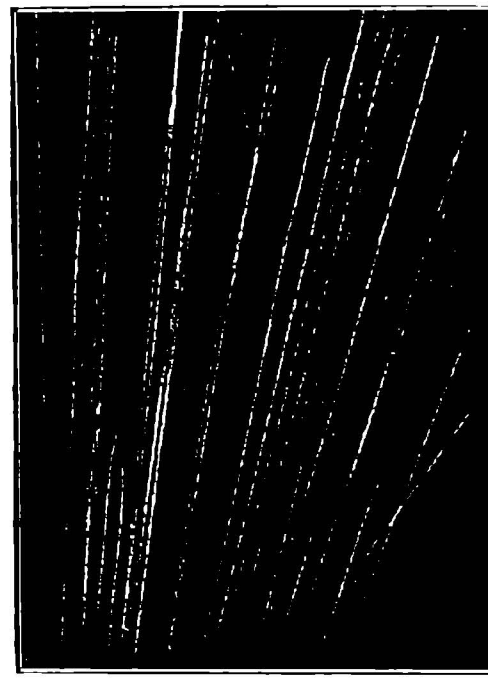

Fig. 10. Fotografia ciocnirii unei particule alfa cu un proton.

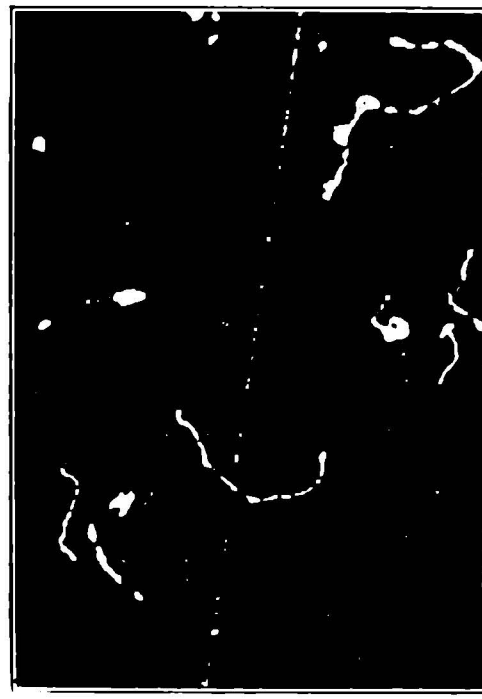

Fig 11. Traiectoriile electronilor rapizi și lenți.

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

exprimă în electroni-volți *), iar pe axa ordonatelor se dă intensitatea relativă.

Pentru stabilirea acestor spectre, numite spectre energetice, se determină deviațiunile particulelor beta pe cari le produce un câmp magnetic. Se observă de asemenea în aceste figuri că există un maxim bine stabilit pentru energia acestor raze beta.

Această variațiune a iuțelii razelor beta a făcut pe fizicieni să se întrebe dacă electronii cari părăsesc câmpul radioactiv, au iuțeli diferite dela început când se emit sau variația iuțelii se produce în timpul când trec prin diferite corpuri. Din cercetările făcute, s'a stabilit că electronii părăsesc corpurile radioactive cu iuțeli diferite, adică au energie **) diferită și chiar pentru aceeași substanță radioactivă, electronii emiși au dela început iuțeli diferite.

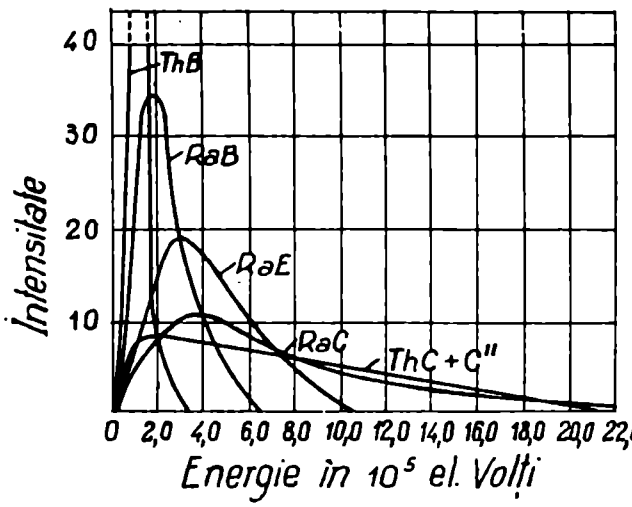

Fig. 12. Spectrele continue ale radiațiunilor beta emise de diferite corpuri radioactive după *Gurney* și *Madgwick*

Pentru a se explica acest fapt curios, s'au dat diferite interpretări.

Pauli (22) a emis o ipoteză, care a fost desvoltată de *Fermi* (23), că odată cu particulele beta se emite și o particulă pe care a numit-o *„neutrino"*, a cărei sarcină electrică este zero, iar massa cel mult egală cu massa electronului. Energia acestei particule împreună cu energia unei particule beta, ar reprezenta de fapt energia *constantă* de desagregare a atomului radioactiv respectiv.

---

*) Electron-volt este energia unui electron pe care o capătă într'un câmp electric când trece dela un punct la altul, între cari este o diferență de potențial de un volt.

**) Energie exprimată prin $\frac{mv^2}{2}$ în care m este massa iar v iuțeala electronului.

https://biblioteca-digitala.ro

Cum acest „neutrino" nu poate produce o ionizare și nu este absorbit de corpurile prin care trece, nu a putut fi evidențiat prin metodele cunoscute până acum.

Această ipoteză a lui *Pauli* a fost contestată de mulți fizicieni.

Mai sunt și alte ipoteze cari caută să explice cauza variațiunii iuțelii particulelor beta când sunt emise de atomii aceleeași substanțe radioactive, însă nici una din acestea nu a avut până acum aprobarea generală.

c) **Radiațiunile gama.**

Razele gama, a treia categorie de raze emise din substanțele radioactive, sunt cu totul de altă natură decât razele alfa și razele beta.

S'a stabilit că aceste raze au același caracter ca și razele luminoase, adică sunt de natură electromagnetică. S'a stabilit lungimea lor de undă și s'a găsit că variază dela 0,5 Å până la 5×10^{-3} Å *).

Pentru a se lucra mai ușor cu aceste radiațiuni, s'a propus să se introducă o unitate nouă X și anume o unitate care să fie a mia parte dintr'un angstrom, adică 1.000 X = 1 Å.

Ținând seama de această notație, razele gama ar fi cuprinse între 500 X și 5 X.

Din cercetările făcute s'a stabilit că spectrele acestor radiațiuni sunt discontinue cu una sau mai multe linii izolate și cu lungimi de undă bine determinate. Lungimile de undă ale acestor radiațiuni s'au determinat prin metode foarte ingenioase. Una din aceste metode întrebuințate este aceea a cristalului turnant cu incidența razantă **).

S'a mai folosit și metoda fotoelectrică, prin care se determină energia electronilor emiși de o placă metalică când este bombardată cu razele gama, cari electroni se zic fotoelectroni. Măsurând energia fotoelectronilor în acest caz, s'a deter-

*) Angstromul (Å) este a zecea milioana parte dintr'un milimetru.

**) Unghiul dintre raza incidentă și suprafața cristalului e foarte mic (de minute).

https://biblioteca-digitala.ro

minat, cu ajutorul formulei lui *Einstein* *), lungimea de undă a radiațiunii gama care îi provoacă.

In legătură cu acest fenomen, s'a cercetat dacă emisiunea razelor gama se face simultan cu desagregarea atomului sau are loc întâi desagregarea atomului și după aceea are loc și emisiunea.

Lise Meitner (24) a susținut că nucleul, prin emisia particulelor alfa și beta, capătă o stare de excitare și abia după ce se emit razele gama, adică cuante de energie, revine la starea de stabilitate, adică se pierde excitarea în care se găsea.

O altă concepție emisă de *Ellis* (25) susține contrariul de ceeace afirmă *Lise Meitner*. In ultimul timp însă o clarificare în această direcție este adusă tot de *Lise Meitner* (26) prin nouile sale cercetări, cari au confirmat ipoteza inițială ce a formulat.

Spectrele energetice ale particulelor alfa.

După ce s'a cercetat proprietățile razelor alfa, beta și gama, s'a căutat în ultimul timp să se pătrundă și mai mult în structura spectrelor care se obțineau pe plăcile fotografice produse de aceste particule.

Cercetându-se prin metode de o deosebită preciziune, s'a arătat că liniile din spectrele produse de razele alfa nu sunt simple, ci sunt formate din mai multe linii foarte fine care sunt atât de apropiate unele de altele încât apar în aparatele mai puțin precise că ar fi contopite toate la un loc. Apropierea acestor linii fine, cunoscute și sub numele de „structuri fine", se datorește faptului că energia diferitelor particule care dau aceste linii este foarte puțin diferită dela una la alta. Au fost puse în evidență când metodele de cercetare au devenit foarte sensibile.

Figura 13 din planșa III reprezintă mai multe linii produse de Thoriul C (27).

---

*) $T=h\nu-W$, în care T este energia cinetică a fotoelectronului, $h\nu$ energia cuantică a radiațiunii gama incidentă iar W travaliul pe care-l face electronul la eșirea din placa metalică.

https://biblioteca-digitala.ro

Această structură fină există la mai multe corpuri radioactive.

Spre exemplu, pentru Thoriu C, avem un grup de cinci radiațiuni alfa apropiate. Energiile lor, exprimate în milioane de electroni-volți, sunt determinate de *Rutherford* astfel:

	Energie (milioane electroni-volți)	Numărul relativ al particulelor în $^0/_0$.
α_1	6,083	27,2
α_0	6,044	69,8
α_2	5,762	1,80
α_4	5,620	0,16
α_3	5,601	1,10

Sunt alte elemente radioactive cari emit particule alfa cu o energie mult mai mare decât aceea a grupului principal.

Acest fenomen se vede bine în figura 14 din planșa III, unde o rază α din Ra C′ are un parcurs cu mult mai mare decât al grupului omogen (28).

Explicarea acestor fenomene pe baza concepțiilor clasice este foarte greu de făcut, dacă nu chiar imposibil.

Ținând seamă de aceste concepții și considerând că toți atomii unui corp radioactiv sunt la fel, ar trebui ca energia particulelor alfa emise să fie la fel, iar nu diferită, așa cum se dovedește experimental.

Aceeași greutate de a da o explicație plauzibilă apare când se compară emisiunea spontană a particulelor cu procesul deviației produs de nucleu asupra particulelor alfa.

Rutherford (29) în experiențele sale cercetează aceste deviațiuni în cazul nucleului de uraniu față de particulele alfa cele mai rapide emise de Th C′ și constată că, până la o anumită distanță de centrul nucleului, energia potențială se poate exprima tot prin formula cunoscută*), adică așa cum prevede legea lui *Coulomb*.

La distanțe mai mici de centru se produc abateri dela legea lui *Coulomb*.

Variația potențialului se admite în acest caz că sufere o deschidere, un orificiu și care este așa cum se arată în figura 15 (30).

Această curbă, pentru $r \geq 3.10^{-12}$ cm., corespunde desigur potențialului lui *Coulomb*. Ori, uraniul emite particulele alfa cu energie de $6{,}6 \times 10^{-6}$ erg., indicate în figură cu linia dreaptă punctată paralelă cu axul r, adică cu o

*) $U(r) = \frac{2\,Ze^2}{r}$ unde r e distanța particulei de centrul nucleului; Ze este sarcina nucleului.

https://biblioteca-digitala.ro

Fig. 13. Structura fina a particulelor alfa din Thoriul C.

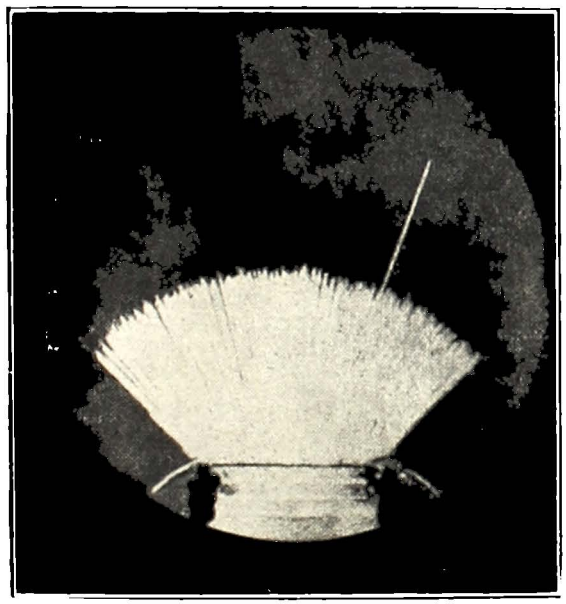

Fig. 14. O particula alfa emisa de Ra C' cu un parcurs mai mare decât al celorlalte.

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

cantitate de energie insuficientă ca să poată trece, conform concepţiilor mecanicei clasice, bariera potenţialului existent în jurul nucleului, pentru care ar trebui o valoare mult mai mare decât aceea indicată mai sus, aproximativ 45×10^{-6} erg.

Prin mecanica cuantică însă, creeată pentru a se putea urmări fenomenele din lumea atomilor, se poate rezolva cu înlesnire această greutate în modul următor: după concepţia pe care se întemeiaza noua mecanică, orice particulă are totdeauna o anumită probabilitate finită de a trece peste o barieră a unui potenţial cu mult mai mare decât ar corespunde energiei pe care o posedă. In modul acesta s'a creeat o întreagă teorie a desintegrării particulelor alfa, dată de către *Gamow* *) *Gurney* şi *Condon* (31)

Pentru valori mai mici ale lui r, se ia valoarea potenţialului negativă şi constantă. In figura 15, linia punctată orizontală reprezintă valoarea energiei particulei alfa de care ne ocupăm.

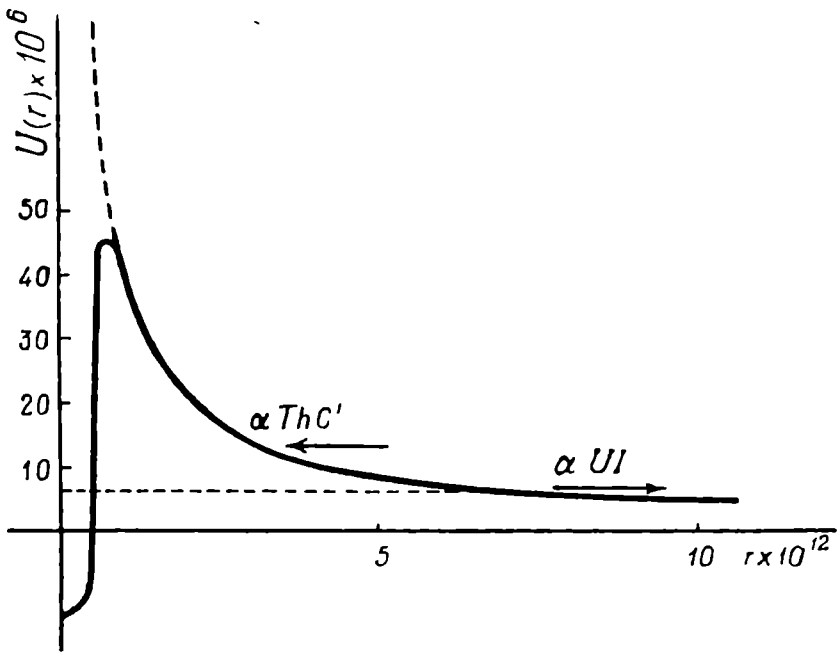

Fig. 15. Distribuţia potenţialului electric în jurul nucleului.

Faptul că dintr'un nucleu se pot emite particule alfa cu diferite energii, se poate considera că se datoreşte la două cauze:

1. Energia particulelor alfa în interiorul nucleului poate fi diferită, cu alte cuvinte înainte de emisiune, particulele alfa se găsesc în diferite stări cuantice în nucleu; şi

---

*) *Gamow* consideră că la o distanţă r dela centrul nucleului pe care o numeşte raza nucleului, potenţialul este dat de relaţia cunoscută a lui *Coulomb* şi anume $\frac{2\,Ze^2}{r}$.

https://biblioteca-digitala.ro

2. Prin emisiunea particulelor alfa, adică prin părăsirea unei cantități de energie, nucleul capătă el diferite stări cuantice, adică își variază energia, pe seama energiei alfa emise.

După concepția cuantică, se poate foarte bine să coexiste ambele cauze, neexcluzându-se câtuși de puțin una pe alta.

In primul caz, particula alfa când se emite, va avea o energie mai mare decât în cazurile normale, când nucleul nu este în stare de excitare. In acest caz, dacă bineînțeles se admite că produsul de desintegrare rămâne același, se va putea explica fără multă greutate diferența de energie în plus pe care o are particula alfa față de energia unei particule care iese dintr'un nucleu normal, adică dintr'un nucleu care nu este în stare de excitație.

Dacă se cunoaște energia acestor particule, se va putea face o schemă a nivelelor energetice*) pentru diferitele corpuri radioactive.

In al doilea caz, se admite că, chiar în timpul procesului de desintegrare, se produce o excitație a nucleului. In cazul acesta, particulele alfa, în momentul când sunt emise, au o cantitate de energie în minus față de energia pe care o au în mod normal. Diferența între cantitatea de energie normală și energia pe care o are o particulă în momentul emisiunii, reprezintă tocmai energia de excitație a nucleului. Cu alte cuvinte, excitația nucleului se face pe contul unei cantități de energie luată din particula alfa. Ținând seamă de aceste considerațiuni, se poate ajunge la o explicație a spectrelor de energie obținute pentru particulele alfa.

Isotopie. Alte proprietăți ale nucleului atomic.

După ce am făcut aceste considerațiuni cu un caracter mai special cu privire la nucleul atomilor corpurilor radioactive, vom trece la cazul general, adică să stabilim proprietățile nucleului atomilor cari au fost considerați neradioactivi.

Pentru a se obține unele date în această direcție, s'a folosit de către *Aston* (32) și alți cercetători să se facă ana-

*) Energia nucleului atomic poate avea diferite valori discontinue, cari valori se numesc nivele energetice.

https://biblioteca-digitala.ro

liza massică a diferitelor elemente şi s'a stabilit că atomii aceluiaşi element nu au toţi aceeaşi greutate şi aceasta la multe din elementele cunoscute. S'a dat numele de „isotopi" elementelor cari au greutăţi atomice diferite însă, în general, aceleaşi proprietăţi fizico-chimice (33).

Cei mai frecvenţi isotopi sunt cei cari corespund elementelor al căror număr atomic este par. S'a mai constatat la fel aceeaşi frecvenţă a isotopilor pentru elemente cu valori perechi ale lui N, care reprezintă numărul neutronilor din nucleu *).

Afară de aceste concluzii, s'a mai căutat să se stabilească care este momentul mecanic **) şi momentul magnetic ***) al unui nucleu atomic.

Din determinările teoretice, ţinându-se seama de mişcările particulelor componente, s'a stabilit că momentul mecanic M este egal cu $n\frac{h}{2\pi}$ în care n este un număr întreg şi h constanta lui *Planck*, sau constanta universală care este egală cu $\frac{\varepsilon}{\nu}$, în care ε este o cuantă de energie care corespunde frecvenţei ν. Această relaţie pentru momentul mecanic a fost dată de *Bohr* pe când *Schrödinger* a ajuns pe baza mecanicei ondulatorii la relaţia $M = \frac{h}{2\pi}\sqrt{n\,(n+1)}$ care explică mai bine spectrele de bandă.

Din studiul făcut în ultimul timp asupra liniilor spectrale, s'a stabilit că, pe lângă structurile fine, mai sunt şi alte linii care formează „structurile hiperfine", care ar fi datorite tocmai energiei care caracterizează momentul mecanic.

In ceeace priveşte momentul magnetic sau spinul magnetic,

---

*) $N = A - Z$, în care A este greutatea atomică, iar Z este numărul atomic adică numărul protonilor.

**) Momentul mecanic M (momentul cantităţii de mişcare) al unui punct material în rotaţie în jurul unui ax este egal cu produsul dintre massa punctului material (m), dintre pătratul distanţei punctului de ax (r^2) şi dintre viteza unghiulară (ω). $M = m\,r^2\,\omega$. Momentul mecanic al nucleului este momentul cantităţii de mişcare faţă de axul său de rotaţie.

***) Momentul magnetic (M) al unui magnet este egal cu produsul dintre massa magnetică (m) a polilor şi distanţa (d) între cei doi poli. $M = m \times d$.

Momentul magnetic al nucleului este egal cu momentul unui magnet elementar care e echivalent cu circuitul produs de rotaţia sarcinei pozitive a nucleului în jurul unui ax.

https://biblioteca-digitala.ro

s'a stabilit că valorile obținute de *Stern* și alții (34), prin măsurătorile lui corespund cu valorile obținute pe cale teoretică. Variațiunile pe cari le constată față de magnetonul *) lui *Bohr* sunt 1/300 până la 1/4.000.

* * *

Tot în legătură cu stabilirea proprietăților nucleului în general, trebuie să se țină seama și de așa numitul *defect massic nuclear.*

Dacă se ia ca unitate de massă 1/16 din greutatea atomică a oxigenului 16, elementele isotopi sunt exprimate prin numere întregi la care se observă unele foarte mici abateri. Aceste abateri constituesc defectul massic.

Din datele pe cari le avem până acum, se pot trage unele concluziuni de o deosebită importanță și în această direcție.

De asemenea trebuie să precizăm că aceste defecte de massă se înțeleg în sensul relației **) dată de *Einstein* în cadrul teoriei relativității prin care stabilește o echivalență între massă și energie.

Această relație duce la următoarea concluzie:

Când se formează un nucleu, massa lui trebuie să fie mai mică decât suma masselor părților componente, pentru că o parte din massa acestor particule care intră în formația noului nucleu se transformă în energia necesară ca să se producă noua structură.

Dacă se constată o abatere mai mare, adică dacă massa nucleului rezultat este cu mult mai mică decât suma masselor particulelor care intră în formația lui, aceasta însemnează că s'a produs o cantitate mai mare de energie când s'a construit noul nucleu, adică s'a transformat o cantitate mai mare de materie în energie.

Stabilindu-se cantitatea de massă transformată în energie

---

*) Magnetonul lui *Bohr* este momentul magnetic al circuitului format dintr'un electron ce se învârtește în jurul unui proton, fiind egal cu $\frac{e}{m} \cdot \frac{h}{4\pi}$ unde e reprezintă sarcina electrică a electronului, m massa lui, iar h constanta lui *Planck.*

**) $mc^2 = E$, în care c este iuțeala luminii, m massa și E energia.

https://biblioteca-digitala.ro

în transmutările artificiale ale nucleelor, de cari ne vom ocupa mai la urmă, s'a ajuns la o verificare deplină a relației lui *Einstein,* care exprimă defectul massic constatat prin numeroase experiențe.

Ipoteza Heisenberg-Majorana.

Am arătat că prima ipoteză ce se formulase cu privire la structura nucleului că nucleul este format din protoni și electroni, contrazicând unele rezultate obținute pe cale teoretică, a fost înlocuită cu altă ipoteză, formulată cam în același timp de către fizicianul german *Heisenberg* și fizicianul italian *Majorana,* ipoteză cunoscută sub numele de ipoteza *Heisenberg-Majorana,* prin care se susține că în nucleu intră numai protoni și neutroni. S'a ajuns prin această ipoteză, care admite că nucleii conțin numai particule grele, să se înlăture multe dificultăți teoretice.

Aceste particule — neutroni — fără nici o sarcină electrică după cum am arătat, sunt puse în libertate din nucleul atomilor ușori prin bombardarea lor cu particule alfa, protoni sau deutoni. Neutronul, neavând sarcină electrică și aproape neproducând ionizarea gazelor prin care trece, nu a putut să fie pusă în evidență pe această cale existența lui. Se poate pune însă în evidență prin efectele lui dinamice, adică mișcarea lui ciocnind alți nuclei, le imprimă viteze. Din aceste ciocniri, s'a găsit o metodă pentru a se determina massa neutronului, care s'a stabilit că, după cum am spus, este cu ceva mai mare decât massa unui proton (35).

Figura 16 din planșa IV ne arată drumul parcurs de un proton care a fost ciocnit de un neutron, acesta provenind din beriliul bombardat cu particule alfa, emise de poloniu.

Dacă ipoteza *Heisenberg-Majorana,* cu privire la existența în nucleu a protonilor și neutronilor, se admite ca bună, trebuie să se vadă care este interacțiunea dintre aceste două feluri de particule și modul cum se explică unele fapte experimentale cu privire la densitatea materiei nucleare și la defectele de massă.

De asemenea, admițând noua ipoteză, se ridică obiecția emisiunii electronilor din nucleu sub forma de raze beta în

https://biblioteca-digitala.ro

procesele radioactive. La această obiecțiune, s'a dat următoarea explicație: o particulă beta apare atunci când un neutron se desface într'un proton și un electron ($\beta-$) și invers când un proton trece într'un neutron, punându-se în libertate o particulă de electricitate pozitivă, un pozitron ($\beta+$).

Procesul acesta de desfacere se arată schematic în figura 17.

Astfel, prin aceste procese, se explică emisiunea radiațiunilor ($\beta-$) în procesele radioactive naturale, precum și emisiunea particulelor ($\beta+$) în fenomenele de radioactivitate artificială de care ne vom ocupa ulterior.

Forțele cari lucrează între particulele cari constituiesc nucleul, se grupează astfel:

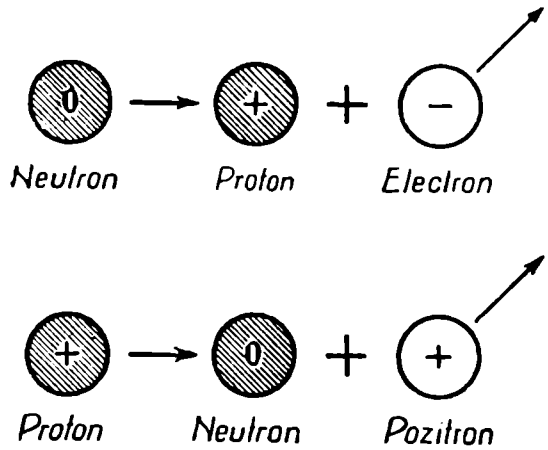

Fig. 17. Schema procesului de transformare a neutronului în proton și invers.

I. Protoni în prezența protonilor, forțe de respingere coulombiană.

II. Protoni în prezența neutronilor.

III. Neutroni în prezența neutronilor.

Până acum nu se știe decât foarte puțin cu privire la forțele din categoria II-a și III-a. După *Heisenberg* (36), forțele din a II-a și a III-a categorie sunt considerate ca forțe de schimb, adică forțele cari intervin în diferitele modificări cari se fac continuu în interiorul unui nucleu.

Ceva mai mult, *Heisenberg* a încercat să calculeze și condițiunile de stabilitate ale nucleului în legătură cu procesele de desintegrare a particulelor alfa și beta. In ceeace privește emisiunea particulelor alfa, s'a ajuns la următoarea concluzie: dacă energia necesară pentru a se emite din nucleu doi protoni și doi neutroni cari formează o particulă alfa e mai mare decât energia necesară pentru a se forma o particulă alfa, nucleul este stabil; în cazul când este mai mică, atunci *Gamow* susține că nucleul nu este stabil și poate emite o particulă alfa.

https://biblioteca-digitala.ro

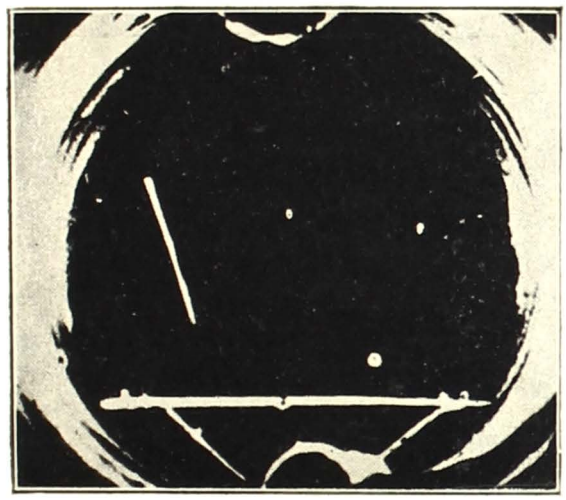

Fig. 16. Drumul unui proton pus în mişcare de un neutron.

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

Figura 18 ne arată schematic procesul emisiunii particulei alfa din nucleu unde cuanta de energie gama este diferența între energia necesară emisiunii din nucleu a particulei alfa și cea de formare a acestei particule (alfa).

Calculele lui *Heisenberg* pe baza ipotezei emise, au dat rezultate concordante cu rezultatele experimentale.

Pentru particulele beta, raționamentul se mai poate face și în modul următor: în interacțiunea care se face între protoni și neutroni, schimbându-se sarcina pozitivă și transformându-se o particulă în alta, se admite că protonul și neutronul ar reprezenta numai două stări cuantice ale uneia și aceleeași particule, considerată ca particulă grea, spre deosebire de particula beta, care e particulă ușoară.

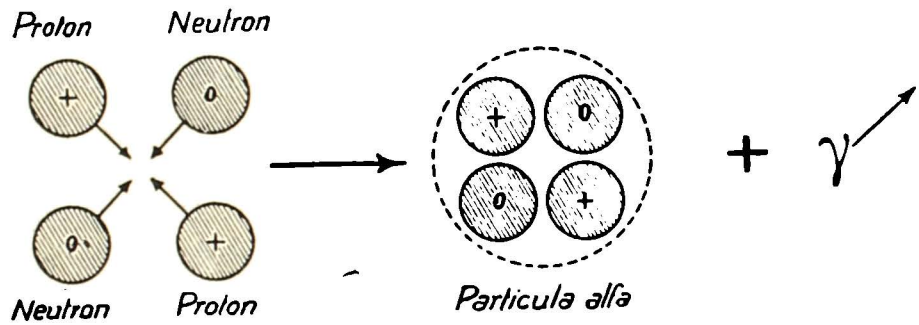

Fig. 18. Schema procesului emisiunii particulei alfa din nucleu.

Așa dar, procesul emisiunii unei particule beta (pozitivă sau negativă) este datorit trecerii unei particule grele dintr'o stare cuantică în altă stare cuantică, adică dela un neutron la proton și invers.

După cum la emisiunea radiațiunilor luminoase din atomi apar fotoni cari nu există dela început în atom, ci sunt creeați când un electron trece de pe o orbită pe altă orbită, tot așa când un neutron trece într'un proton se produce un electron plus o particulă pe care am numit-o neutrino.

In ceeace privește emisiunea pozitronilor, adică a electronilor pozitivi, se face același raționament ca și la electronii negativi. Aci însă, se produce trecerea particulei grele, protonul, în altă particulă grea, neutronul, prin dispariția unui electron și a unui neutrino sau ceeace este tot una cu apariția unui electron pozitiv și a unui „antineutrino".

https://biblioteca-digitala.ro

Transmutări nucleare.

In cele ce urmează, vom arăta cari sunt rezultatele obținute până acum cu privire la structura nucleului din cercetarea fenomenelor realizate în ultimul timp și cunoscute sub numele de transmutări nucleare.

In aceste fenomene, cari au fost cercetate foarte mult în ultimul timp, se produc ciocniri între nucleii atomilor și diferitelor particule cunoscute, ca: protoni și deutoni *), dându-le iuțeli mari, precum și neutronii, particulele alfa.

Dacă una din particulele care bombardează nucleul nu suferă numai o simplă reflecție, adică suma energiei cinetice a celor două particule nu rămâne constantă așa cum s'ar întâmpla între două bile care se ciocnesc și nu se încălzesc, atunci se produce o schimbare în structura însăși a nucleului bombardat; se produce o transmutație artificială.

Prin aceste ciocniri se pot creea fenomene diferite cari duc la anumite transformări speciale ale nucleului, spre ex.:

1. Prin ciocnirea nucleului, acesta poate fi pus într'o stare de excitare fără ca să se schimbe structura lui sau compunerea lui. Prin această excitare, nucleul apare într'o altă stare energetică decât era înainte de ciocnire. Pentru a reveni la starea lui inițială, emite o cuantă de energie, adică radiația gama.

2. Când nucleul capturează particulele care îl ciocnesc, atunci se produce un nou nucleu care și el poate fi în stare de excitare. Când acest nou nucleu, în stare de excitare, emite la rândul lui o cuantă, atunci revine la un nucleu normal însă nu mai este la fel cu nucleul dinainte de bombardare. Acest nucleu normal, neexcitat, are o sarcină electrică și o massă diferită de a nucleului inițial, adică a nucleului înainte de a fi capturat particulele cari l-au bombardat.

3. Se mai pot face ciocniri care dau naștere la expulzarea unei particule din structura însăși a nucleului fără însă a mai captura el ceva. In acest caz, nucleul nou are o massă, și o sarcină electrică mai mică decât a nucleului inițial.

Transmutația care s'a făcut a avut ca efect trecerea la

*) Nucleul atomului de hidrogen greu.

https://biblioteca-digitala.ro

un atom cu o greutate mai mică, în cazul când s'a emis un proton, o particulă alfa, sau un neutron.

4. Se poate întâmpla însă să se producă o ciocnire în urma căreia să se captureze o particulă şi să se realizeze în acelaşi timp şi o expulzare. In acest caz, variaţia transformării nucleului din punct de vedere al massei şi sarcinei electrice depinde de felul particulei capturate şi al celei expulzate.

5. Se poate întâmpla ca să se producă capturarea unei particule, însă această capturare să fie urmată în acelaşi timp de o desfacere a nucleului.

Spre ex.: Bombardarea litiului prin protoni şi deutoni când se desface nucleul de litiu în doi nuclei de heliu.

Transformarea are loc astfel:

$$_3Li^7 + {}_1H^1 \longrightarrow {}_2He^4 + {}_2He^4$$

$$_3Li^6 + {}_1H^2 \longrightarrow {}_2He^4 + {}_2He^4$$

In primul caz s'a bombardat isotopul Li^7 cu protoni, experienţe fundamentale făcute de *Cockroft* şi *Walton,* iar în al doilea caz, s'a bombardat isotopul Li^6 cu deuton, observându-se de către *Lawrence* şi alţii (37), că razele alfa parcurg în acest caz un drum mai lung.

Figura 19 din planşa V este o fotografie luată de *Dee* şi *Walton* (38), unde se vede că în cazul bombardării cu deuton, razele alfa parcurg distanţe mai mari decât în cazul bombardării cu protoni.

Din punct de vedere experimental, cazul întâi a fost realizat prin experienţă; cazul al doilea este greu de observat direct; cazul al treilea nu s'a pus încă în evidenţă pe cale experimentală.

Cele mai multe transformări observate prin bombardare fac parte din categoria a patra, adică să se producă şi o caturare şi în acelaşi timp şi o expulzare.

Pentru cazul al cincilea, adică transformarea totală a nucleului de fapt printr'o explozie, aşa cum am arătat când s'a bombardat litiul prin protoni sau deutoni, s'au realizat pe cale experimentală mai multe transformări totale ale nucleului.

https://biblioteca-digitala.ro

Figura 20 din planşa V e o fotografie luată de *Dee* şi *Walton,* unde se arată desagregarea Li^6 prin deutoni în două particule alfa (39).

Figura 21 din planşa V ne arată desagregarea borului prin protoni în particule alfa, după *Kirchner* (40).

Figura 22 din planşa V ne arată desagregarea azotului prin particule alfa în protoni şi oxigen şi anume O^{17}, după *Blackett* (41).

Radioactivitate artificială.

In fine, se mai poate considera încă a şeasea categorie de transformări extrem de interesante în cari nucleul format prin capturarea unei particule devine nestabil, transformându-se după un timp oarecare, bine determinat, în alt nucleu stabil, prin emisia unei particule.

Figura 23 din planşa VI este o schemă prin care se arată o transformare care se face astfel: (42).

$$_5B^{10} + {}_2He^4 \longrightarrow {}_7N^{13} + {}_0n^1$$

$$_7N^{13} \longrightarrow {}_6C^{13} + (\beta+)$$

In schemă se observă în faza I particula alfa şi nucleul de bor. Bilele albe reprezintă protonii, iar cele negre neutronii.

In faza II-a, particula alfa a intrat în nucleul de bor şi un neutron este pe punctul de a fi expulzat.

In faza III-a, neutronul a fost expulzat, trecându-se dela nucleul de bor la nucleul de azot radioactiv, deci nestabil.

In faza IV-a, un proton din nucleul de azot radioactiv trece într'un neutron, punându-se în libertate un pozitron (electron pozitiv) care este expulzat, ajungându-se la nucleul de carbon stabil.

Prin acest caz, se ajunge la realizarea radioactivităţii artificiale, care în desvoltarea pe care a luat-o în ultimul timp, constituie o ramură de o importanţă fundamentală în cercetarea transmutării materiei şi a cunoaşterii structurii ei intime.

Contribuţia cea mai mare la realizarea radioactivităţii artificiale au dat-o soţii *Joliot-Curie,* cari au fost premiaţi cu premiul Nobel în anul 1935.

https://biblioteca-digitala.ro

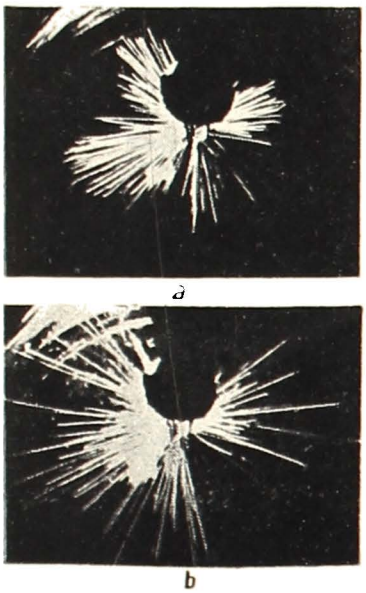

Fig. 19. Desagregarea litiului prin protoni (a) şi deutoni b).

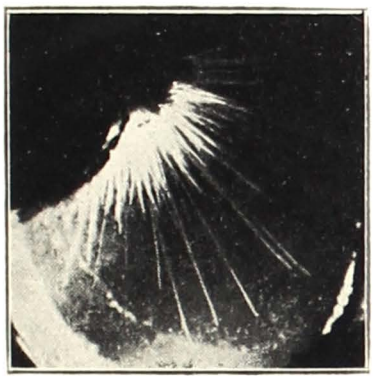

Fig. 21. Desagregarea borului prin protoni în particule alfa.

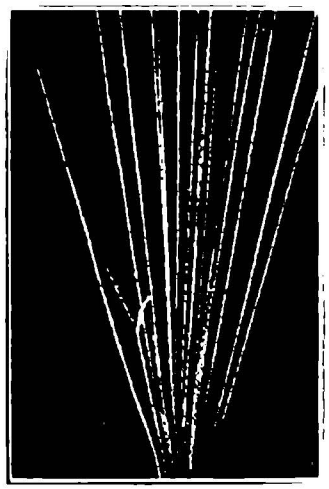

Fig. 22. Desagregarea azotului prin particule alfa în protoni şi oxigen O^{17}

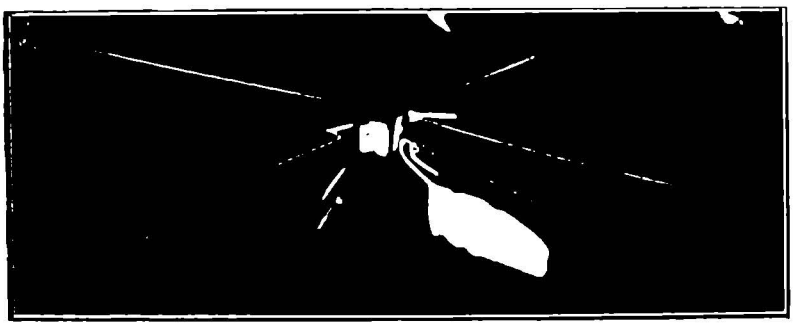

Fig. 20. Desagregarea Li^6 prin deutoni în două particule alfa.

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

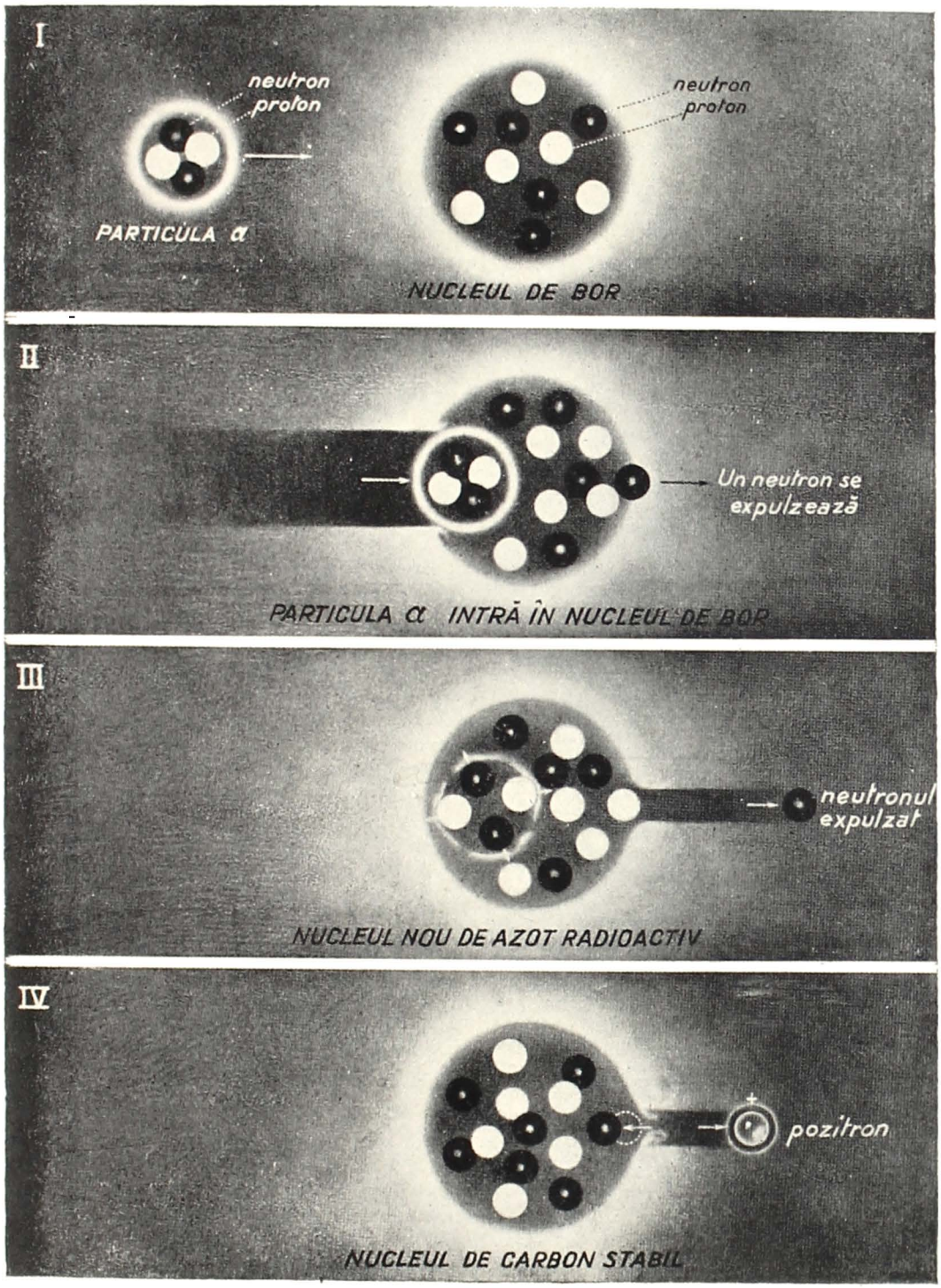

Fig. 23. Schema unei transmutări prin radioactivitate artificială.

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

ÎNCHEIERE.

Din cele arătate, se poate vedea că problema „Nucleului atomic" este una din cele mai noui şi mai mari cuceriri ale fizicei.

De câţiva ani se lucrează cu mare intensitate în această direcţie şi rezultatele obţinute sunt foarte numeroase şi extrem de interesante, însă prezintă greutăţi mari în ordonarea şi stabilirea legăturilor dintre ele.

Din această cauză, problema nucleului atomic este una din cele mai complicate probleme ale ştiinţei în evoluţia ei actuală.

Un fapt de o deosebită importanţă ţinem să scoatem în evidenţă şi anume:

Fizica a dat atacul cel mare celei mai puternice fortăreţe în care natura a ascuns tainele supreme ale acestei lumi.

Din rezultatele obţinute până acum, se poate afirma că a obţinut victoria cea mare mai curând decât se aşteptau chiar cei mai optimişti oameni ai ştiinţei.

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

BIBLIOGRAFIE.

1. *H. Geiger şi G. Marsden.* — Proc. Roy. Soc. (A), *82*, 495, 1909.
2. *E. Rutherford.* — Phil. Mag., *21*, 669, 1911.
3. *Müller-Pouillets.* — Lehrbuch der Physik, Bd. IV, T. 3, 183, 1933.
4. *J. Chadwick.* — Phil. Mag., *40*, 734, 1920.
5. *H. Becquerel.* — Comptes rendus, *122*, 1896.
6. *M. Curie.* — Thèse de Doctorat, Paris 1903.
7. *Fajans.* — Phys. Z., *14*, 136, 1913.
8. *Soddy.* — Trans. Chem. Soc., *115*, 16, 1919.
9. *Cockroft şi Walton.* — Proc. Roy. Soc. (A), *137*, 229, 1932.
10. *I. Curie şi F. Joliot.* — L'existence du Neutron, Actualités Scientif., Paris 1932.
11. *J. Chadwick.* Proc. Roy. Soc. (A), *136*, 692, 1932.
12. *W. Heisenberg.* — Z. f. Phys., *77*, 1, 1932.
13. *E. Majorana.* — Z. f. Phys., *82*, 137, 1933.
14. *C. D. Anderson.* — Phys. Rev., *43*, 491, 1933.
15. *I. Curie şi F. Joliot.* — L'électron positif, Actualités Scientif., Paris 1934.
16. *P. Blackett şi G. Occhialini.* — Proc. Roy. Soc.(A), *139*, 699, 1933.
17. *F. Rasetti.* — Il nucleo atomico, pl. II, fig. 3, Bologna 1936.
18. *E. Rutherford şi H. Robinson.* — Phil. Mag., *28*, 552, 1914.
19. *P. Blackett.* — Proc. Roy. Soc. (A), *103*, 62, 1923.
20. *E. Rutherford, J. Chadwick şi C. Ellis.* — Radiations from radioactive substances, Cambridge 1930.
21. *K. Philipp.* — Kernspektren, p. 122, Leipzig 1937.
22. *F. C. v. Weizsäcker.* — Die Atomkerne, p. 12, Leipzig 1937.
23. *E. Fermi.* — Z. f. Phys., *88*, 161, 1934.
24. *L. Meitner.* — Z. f. Phys., *17*, 54, 1923.
25. *C. D. Ellis şi W. A. Wooster.* — Proc. Cambr. Phil. Soc., *22*, 844, 1925.
26. *L. Meitner.* — Z. f. Phys., *34*, 807, 1925.
27. *S. Rosenblum.* — Journ. de Phys., *1*, 439. 1930.
28. *K. Philipp.* — Kernspektren, p. 204, Leipzig 1937.
29. *E. Rutherford.* — Phil. Mag., *21*, 669, 1911.
30. *F. Rasetti.* Il nucleo atomico, p. 86, Bologna 1936.
31. *G. Gamow.* — Z. f. Phys., *51*, 204, 1928; *R. W. Gurney şi E. U. Condon.* — Phys. Rev., *33*, 127, 1929; *G. Gamow.* — Der Bau des Atomkerns und die Radioactivität, Leipzig 1932.
32. *Aston.* — Isotopes, London 1922.
33. *Ilie C. Purcaru.* — Din conceptiile fizicei moderne, Bucureşti 1935.
34. *O. Stern şi J. Estermann.* — Z. f. Phys., *85*, 17, 1933.
35. *I. Curie şi F. Joliot.* — L'existence du Neutron, pl. II, Actualités scientif., Paris 1932.
36. *W. Heisenberg.* — Congrès Solvay VII, p. 289, Paris 1934.
37. *Lawrence, Livingston şi Lewis* — Phys. Rev., *44*, 56, 1933.
38. *Dee şi Walton.* — Proc. Roy. Soc. (A), *141*, 733, 1933.
39. *Idem.*
40. *F. Kirchner.* — Phys. Z., *34*, 774, 1933.
41. *F. Rasetti.* — Il nucleo atomico, pl. III, fig. 6, Bologna 1936.
42. *J. Labadié.* — L'œuvre de M et M-me Joliot Curie. La Radioactivité artificielle, Paris 1935.

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

TABLA DE MATERII.

	Pag.
Cuvânt înainte	3
Evoluția concepției atomice	5
Modelul nuclear al atomului, după *Rutherford*	7
Primele concepții cu privire la constituția nucleului atomic	11
Emisiuni radioactive și structura nucleului atomic	12
Neutronul ca particulă constitutivă a nucleului atomic	15
Pozitronul	16
Studiul proprietăților nucleului atomic cu ajutorul emisiunilor radioactive	18
Spectrele energetice ale particulelor alfa	23
Isotopie. Alte proprietăți ale nucleului atomic	26
Ipoteza *Heisenberg-Majorana*	29
Transmutări nucleare	32
Radioactivitate artificială	34
Încheiere	35
Bibliografie	37

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

https://biblioteca-digitala.ro

13154 — 937

PREȚUL LEI 80.—

https://biblioteca-digitala.ro